Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. | 15 | 179—205 | München, 15. 9. 1975

Der III. Zyklus der Oberen Meeresmolasse (Helvet) am Südrand der Schwäbisch-Fränkischen Alb

Von HORST GALL[1])

Mit 4 Abbildungen im Text

Zusammenfassung

Kliffnahe Vorkommen von Schluffsanden der Oberen Meeresmolasse (OMM, Helvet) liegen am Südrand der Schwäbischen Ostalb bis zu 50 m über dem Niveau der Klifflinie; zudem finden sich unzweifelhafte OMM-Zeugen auch nördlich der Klifflinie. Diese, wie auch andere Beobachtungen können nur so gedeutet werden, daß die Klifflinie nicht den Nordrand des Sedimentationsraumes der OMM darstellt. Im Zuge regionaler Absenkung muß die Meeresmolasse vielmehr ein beträchtliches Stück über die Klifflinie hinaus nach Norden in die Kuppenalb transgrediert sein, wo sie mindestens 50 m über dem Niveau der Klifflinie ihre äußerste, reich gebuchtete Senkungsküste erreicht haben dürfte.

Dieser jüngste Meeresvorstoß stellt einen weiteren, bisher nicht erkannten Zyklus der OMM dar, der nicht nur im südlichen Vorries, sondern auch im Molassebecken zu belegen ist. Er folgt dem II. Zyklus nach einer Erosions- und Reliefbildungsphase zunächst mit grobkörnigen Basisbildungen, einem Schill-(Kalk-)sandstein („Oberbechinger Horizont"); nach oben schließt er mit feinkörnigen Ablagerungen, den Schluffsanden und -mergeln, ab. Auch in dieser Faziesabfolge ist der III. Zyklus der OMM den beiden älteren Zyklen als durchaus gleichwertig zu erachten.

Summary

Upper Marine Molasse (Obere Meeresmolasse, OMM, Middle Miocene) mud deposits are to be found on the southern border of the Suebian Eastern Alb. There they are located up to 50 meters above the level of the ancient coastline (Klifflinie). Apart from these, other indisputable evidences of Upper Marine Molasse can be found north of the coastline. These, together with other observations, allow the only interpretation that the coastline does not represent the northern edge of the Upper Marine Molasse sedimentation basin. In course of subsidence of this region the Molasse sea must have extended considerably beyond the coastline and thereby infringed up to the "Kuppenalb" in the north. Its outermost coastal line, full of

[1]) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. Dr. HORST GALL, Institut für Paläontologie und historische Geologie der Universität, 8 München 2, Richard-Wagner-Straße 10.

creeks and inlets, must have thereby lain at least 50 meters above the level of the cliffs.

This youngest marine transgression represents another, hitherto unrecognized cycle in the Upper Marine Molasse sedimentation. This cycle can be documented not only in the "Vorries" south of the Ries Crater but also in the main Molasse basin in the south. After an erosional and relief sculpturing phase following the II. cycle the transgression took place with coarse grained basal deposits and a coquina(lime)sandstone "Oberbechinger Horizont" deposition. The series closes upwards with fine grained deposits of mud "Schluffsande" and marls. This III. cycle of Upper Marine Molasse corresponds thoroughly with the preceding cycles even in respect of this facies series.

Inhalt

A. Einführung

Nach erdölgeologischen Untersuchungen in der oberschwäbischen Molasse (Lemcke et al. 1953, Volz 1953) lief die Sedimentation der Oberen Meeresmolasse (OMM) im Alpenvorland in zwei Zyklen ab, die beide mit grobkörnigen Basislagen beginnen und oben mit Feinsanden abschließen. Der untere Zyklus blieb auf das tiefere Becken im Süden beschränkt, womit eine „innere Küstenlinie" (nach Roll 1935) in guter Übereinstimmung stehen könnte (Hüttner 1961, 77). Erst der II. Zyklus transgredierte weiter nach Norden über die Albtafel bis zur eigentlichen Klifflinie der OMM.

Die Ablagerungen dieses II. OMM-Zyklus' am Albsüdrand lassen sich nach Hüttner (1958; 1961, 77 f.) mit denen im Beckeninneren auf Grund einer ähnlichen Faziesabfolge parallelisieren: Die groben Basissande und der tiefere Teil der Pfohsande auf der Alb sollen etwa mit dem Baltringer Horizont gleichaltrig sein, der höhere Teil der Pfohsande und die faziell besonders gut vergleichbaren Schluffsande sollen der Feinsandserie (Lemcke et al. 1953, = Deckschichten Kiderlen's 1931) entsprechen.

Nach den bisherigen Vorstellungen sollen die Sedimente der OMM zudem an der Klifflinie ihre nördlichste und höchstgelegene Verbreitung gefunden haben.

Übersichtsbegehungen und Schwerpunktskartierungen zu einer „Geologischen Karte des Nördlinger Rieses und seiner Umgebung 1:50 000" im Raum zwischen Brenztal und Wellheimer Trockental erbrachten nun jedoch das Ergebnis, daß zahlreiche neu entdeckte und bereits bekannte autochthone OMM-Vorkommen in Schluffsand-Fazies hoch über dem Niveau oder sogar nördlich der Klifflinie liegen. Daraus — und aus anderen Beobachtungen und Überlegungen — muß auf einen weiteren, über die Klifflinie hinaus nach Norden bis in die Kuppenalb reichenden Vorstoß des mittelmiozänen Molassemeeres geschlossen werden, der einen III. Transgressionszyklus der OMM repräsentiert.

Da diese Untersuchungsergebnisse von größerer regional-stratigraphischer und -paläogeographischer Bedeutung sind, soll ausführlich über sie berichtet werden.

B. Der III. Zyklus der OMM im südlichen Vorries

1. OMM-Vorkommen über dem Niveau der Klifflinie des II. Zyklus'

Im Bereich des südlichen Vorrieses waren bereits zahlreiche Vorkommen von OMM-Schluffsanden in ungewöhnlich hoher Lage — trotz autochthoner Lagerung — auskartiert worden. Entweder war dies jedoch den Bearbeitern entgangen oder aber es gab Anlaß zu im einzelnen nicht haltbaren Deutungsversuchen (möglicherweise „parautochthon", sandige OSM mit viel selektiv umgelagertem OMM-Material). Eine Lage der OMM-Sedimente über dem Niveau der Klifflinie jedoch konnte erst nach Klärung des Höhenverlaufes der Klifflinie und der Transgressionsfläche der OMM im südlichen Vorries (GALL 1974b) erkannt werden.

Im von Bohrmuscheln angebohrten Massenkalk-Komplex nördlich Ebermergen im Wörnitztal (SCHRÖDER & DEHM 1950) sehen WINKLER (1966, 50) und GALL (1974a, 67) keinen echten Kliffpunkt, sondern nur einen Bereich des Meeresbodens nahe einer weiter im Norden und damit in größerer Höhe verlaufenden Küste, weil dieser Punkt in bezug auf nahegelegene Sediment-Vorkommen der OMM im Raum Donauwörth (Höhenlage bis 455 m NN) mit 410 m NN um 40—45 m zu tief liegt. Einerseits kann aber am „Brünnsee-Kliff" als echtem Kliffpunkt vor allem auf Grund der geradlinigen Verbindungsmöglichkeit seiner Höhenlage und geographischen Position mit allen anderen Kliffpunkten des Vorrieses (Abb. 1; vgl. auch GALL 1974b) nicht mehr gezweifelt werden, andererseits sind die berücksichtigten OMM-Vorkommen auch in dieser Höhenlage autochthon, so daß die Ursache der Höhendiskrepanz nur im Sedimentationsablauf der Meeresmolasse auf der Alb gesucht werden kann; zumal posthelvetische Verstellungen — Brüche oder Verbiegungen — auszuschließen sind (vgl. GALL 1974b).

In der Ziegelei Berg NNW Donauwörth (44 09 200/54 01 200) lagern über schluffigen Sanden der mittelhelvetischen OMM etwa ab Höhe 445—450 m NN Schneckenkalke des oberen Helvet sowie Sande, Mergel und Tone der Oberen Süßwassermolasse (SCHETELIG 1962). Diese Sedimentabfolge ist autochthon und — obwohl Riestrümmermassen auf den Höhen darüber folgen — unbeeinflußt durch das Ries-Ereignis. Aber auch eine posthelvetische Heraushebung des engeren Gebietes um dieses Molasse-Vorkommen kann auf Grund des gleichmäßigen Eintauchens der

OMM-Transgressionsfläche nach SE bis E hier wie im gesamten südlichen Vorries (GALL 1974b) ausgeschlossen werden.

Die Klifflinie verläuft im Bereich der Ziegelei Berg (von Ebermergen bis Graisbach konstruiert; GALL 1974b) etwa 2 km nördlich davon in Höhe 400 m NN; die schluffigen Sande der OMM bei Berg reichen damit um 50 m über das Niveau der ehemaligen Meeresküste (Abb. 1). In bezug auf den weiter im Westen und damit infolge des Abtauchens der Klifflinie nach Osten bereits höher gelegenen Kliffpunkt Ebermergen beträgt die Höhendifferenz immer noch 40 m.

Diese Beträge sind Mindestwerte der primären Höhenunterschiede, da trotz der nach SCHETELIG (1962) im Raum Donauwörth bereits im Oberhelvet wieder einsetzenden Sedimentation unmittelbar nach Ablagerung der OMM — zur Zeit der Ausformung der Graupensandrinne im Süden — mit einer zwar kurzzeitigen aber kräftigen Abtragung jüngster OMM-Sedimente gerechnet werden muß (GALL 1974a, 89). Von der präriesischen Erosions- und Reliefbildungsphase blieben die OMM-Ablagerungen wegen ihrer mächtigen Überdekkung mit OSM verschont. Sie weisen noch eine Gesamtmächtigkeit von 55—60 m auf, denn die Basis der OMM im Raum Berg — konstruiert aus der Höhenlage des „Brünnsee-Kliffs" bei Ebermergen und der OMM-Basis in der Bohrung Zirgesheim (ca. 367 m NN; SCHETELIG 1962, 79) — ist bei etwa 390 m NN zu erwarten.

Im südöstlichen Vorries liegen aber nicht nur die OMM-Sande der Ziegelei Berg hoch über dem Niveau der Klifflinie; ganz ähnliche geologische Verhältnisse lassen sich auch ca. 10 km weiter im Osten bei Graisbach belegen. Hier konnten — zusammen mit Dr. D. MÜLLER — am südwestlichen Ortsrand von Graisbach (44 18 700/54 01 640) in Höhe 415 m NN Glaukonit und Mikrofauna führende Schluffsande und -mergel der OMM nachgewiesen werden (GALL 1974b), die das östlichste der nunmehr bekannten Vorkommen von OMM im Vorries und auf der Schwäbisch-Fränkischen Alb repräsentieren. Das autochthone Marin befindet sich im Bereich eines deutlich gegen das Gebiet der mit Riesschutt verfüllten Flächenalb im Süden abgesetzten Areals aus anstehendem Weißjura (FESEFELDT 1962), das zur Kuppenalb gehört. Dieses OMM-Vorkommen liegt damit nördlich der Klifflinie (vgl. auch S. 189), die hier erwartungsgemäß selbst nicht erschlossen war: Infolge ihres gleichmäßigen Abtauchens im Vorries nach Osten kann sie bei Graisbach ungefähr in einer Höhe um 370 m NN erwartet werden (Abb. 1; vgl. auch GALL 1974b), die Erosion hat hier jedoch nur bis 400—395 m NN herabgegriffen. So muß auch — unter Berücksichtigung des Anstiegs aus der Flächenalb im Süden über die Klifflinie hinweg zur Kuppenalb — aus der Tatsache, daß das OMM-Vorkommen im Bereich des anstehenden Weißjura auf Höhe 415 m NN, die Klifflinie jedoch etwa auf 370 m NN liegt, auf eine Lage der OMM nördlich der Klifflinie geschlossen werden. Zugleich bedeutet dies, daß die schluffigen OMM-Sande südwestlich Graisbach bis ca. 45 Höhenmeter über das Niveau der Klifflinie reichen; selbst im Vergleich mit dem 13 km weiter im Westen und damit erheblich höher gelegenen „Brünnsee-Kliff" bei Ebermergen (Abb. 1) überschreiten sie das Kliffniveau noch um 5 m. Da auch hier am Südrand der Kuppenalb mit einer teilweisen Abtragung der OMM-Sedimente während der oberhelvetischen und der präriesischen Erosionsphase gerechnet werden muß, kann die Höhendifferenz von 45 m — trotz des nach Osten geringer werdenden Schicht-Eintauchens — nur einen Mindestwert darstellen. Die bezeichnenderweise in der Schluffsand-Fazies nachgewiesenen OMM-Sedimente dürften so primär — wie im Donauwörther Gebiet — bis mindestens ca. 50 m über das Niveau der Küstenlinie gereicht haben (vgl. Abb. 1). Die nur geringe Entfernung des OMM-Vorkommens von der Klifflinie — etwa 0,5 bis 1 km (rechnerisch und zeichnerisch

ermittelt; vgl. auch GALL 1974b) — bietet einen sicheren Hinweis auf einen steilen Anstieg der Kuppenalb aus der Flächenalb, der sich auch aus der Oberflächengeologie (FESEFELDT 1962) ergibt.

Vor allem aus dem südwestlichen Vorries, das großenteils unter Bohrstock-Verwendung geologisch aufgenommen ist, liegen zahlreiche Belege für autochthone OMM-Vorkommen über Kliff-Niveau vor.

Die höchstgelegenen Relikte von schluffigen OMM-Sanden auf dem Massenkalk-Komplex des „Erzberges" (Blatt 7328 Wittislingen) fanden sich bei 555—560 m NN.

Dieses Autochthon-Massiv galt lange Zeit als völlig frei von OMM-Sedimenten; es sollte deshalb prähelvetisch herausgehoben worden sein (HÜTTNER 1958, 1961; GALL 1971). Übersichtsbegehungen — zusammen mit Dr. D. Müller — erbrachten jüngst jedoch an mehreren Stellen des „Erzberges" den Nachweis von reliktischen Schluffsanden der OMM (GALL 1974b).

Nordwestlich des „Erzberges" verläuft die Klifflinie bei Dischingen auf einer Höhe von nur 495—500 m NN (HÜTTNER 1961), nordöstlich des „Erzberges" ist sie bei Amerdingen sogar erst bei 465 m NN in einer Bohrung angetroffen worden (NATHAN 1955). Auf der geradlinig zwischen diesen beiden Punkten — ca. 1,7 km nördlich des „Erzberg"-Gipfels (GALL 1974b) — ausgebildeten ehemaligen Meeresküste kann für den Bereich genau nördlich der OMM-Vorkommen eine Höhenlage um 485 m NN konstruiert werden (Abb. 1). Damit würde die Höhendifferenz zwischen der Klifflinie direkt im Norden des „Erzberges" und den OMM-Sedimenten dort bis 75 m betragen. Im Vergleich mit der Gesamtmächtigkeit der OMM im Raum Donauwörth (55—60 m) erscheint jedoch die des „Erzberg"-Gebietes — OMM-Basis „Erzberg" mit ca. 475 m NN errechnet aus den Bezugspunkten OMM-Basis Reistingen (465 m NN) und Kliff N „Erzberg" (konstruiert 485 m NN) — mit etwa 85 m als für ungestörte Verhältnisse entschieden zu hoch. Vielmehr muß daraus eine posthelvetische Heraushebung des „Erzberg"-Massenkalkkomplexes um mindestens 25—30 m abgeleitet werden (GALL 1974b). Unter Abzug dieses vertikalen Störungsbetrages erhält man als primäre Höhenlage der OMM-Sedimente auf dem „Erzberg" nur wiederum die 45—50 Höhenmeter über dem Kliffniveau, die bereits bei Berg und Graisbach belegt werden konnten (Abb. 1).

Auch diese Höhendifferenz ist ein Mindestwert, denn am „Erzberg" sind nur noch die ältesten Anteile der schluffigen OMM-Sande erhalten, die tief in Karsthohlformen des Weißjura-Massenkalkes vor Abtragung geschützt lagen.

Im Südwesten des Blattes Wittislingen nehmen im Bereich des Egau- und Zwergbachtales OMM-Sedimente in flächenhafter Verbreitung heute im allgemeinen Höhen bis etwa 500 m NN ein (GALL 1971). Damit erreichen bzw. überschreiten sie geringfügig die Höhenlage des nahezu 10 km weiter im Norden gelegenen Kliffs bei Dischingen (HÜTTNER 1961: 495—500 m NN). An mehreren Stellen reichen die OMM-Sedimente — erfaßt in einer exakten Bohrstock-Kartierung — sogar bis 10 Höhenmeter über das Niveau des Kliffpunktes Dischingen hinaus: E und NE Unterbechingen („Birkenhau", „Am Bühl", „Schanze") mit einer Höhenlage von 505 m NN (GALL 1971). Zu berücksichtigen bleibt bei dieser vermeintlich geringen Höhendifferenz, daß die Meeresmolasse nicht mehr in ihrer Primärmächtigkeit vorliegt; erhalten ist im wesentlichen nur noch die tiefere OMM (Pfoh- oder Pfannensande mit gesimsartig auswitternden Kalksandstein-Bänkchen). Erst in Bereichen oberhalb des Kliffniveaus tritt auch die Schluffsand-Fazies der jüngeren Meeresmolasse auf, deren weitaus größere Anteile jedoch großflächig und nahezu quantitativ

in den beiden Hebungs- und Erosionsphasen vor dem Ries-Ereignis — in der unmittelbar präriesischen Phase zusammen mit den OSM-Sedimenten — abgetragen worden sein müssen. Der Niveauunterschied zwischen dem Kliff und den OMM-Sedimenten im Raum Unterbechingen war damit ursprünglich erheblich größer. Zudem bleibt die starke posthelvetische Abkippung der Alb in insgesamt (süd-)östliche Richtung zu berücksichtigen, die sich in der relativ großen Entfernung von 10 km von der Klifflinie nach Süden in einer — nicht näher faßbaren — relativen Absenkung der OMM-Vorkommen ausgewirkt haben müßte.

Gleichfalls auf Blatt Wittislingen erreichen im Gebiet um Reistingen flächenhaft verbreitete OMM-Sedimente mit 500 m NN (Gall 1971) Höhen bis 15 m über Kliffniveau, bezogen auf die konstruierte Klifflinie genau im Norden von Reistingen mit Höhe 485 m NN. Sie liegen sogar geringfügig über dem Niveau des etwa 4 km weiter westlich — und damit höher (Abb. 1) — gelegenen Kliffpunktes Dischingen. Auch hier ist eine sekundäre, durch die Abtragung bedingte Reduktion der primären Höhendifferenz gegeben, denn die Riestrümmermassen liegen nicht auf OSM, sondern direkt auf der OMM.

ENE Demmingen wurden im Bereich des „Hausberges“ (um Pkt. 36 09 850/53 95 550) glaukonitreiche, jedoch mikrofossilfreie schluffige Sande in größerer Verbreitung bis in Höhen um 520 m NN erbohrt, für deren ungewöhnlich hohe Position Gall (1971, 61) keine befriedigende Erklärung geben konnte. Diese OMM-Sedimente reichen bis 55 Höhenmeter über das Niveau des konstruierten Kliffbezugspunktes genau nördlich davon (465 m NN, Abb. 1). Ihre Lagerung ist autochthon; sie treten völlig ungestört als nahezu geschlossenes Vorkommen im stratigraphischen Verband auf. Die Höhendifferenz von 55 m ergibt sich auch im Vergleich mit der in der Bohrung Amerdingen angetroffenen Kliffzone (Nathan 1955), da diese mit dem Kliffbezugspunkt nahezu identisch ist. Da die Meeresmolasse im Gebiet des „Hausberges“ direkt von Riestrümmermassen überlagert wird, dürften selbst hier jüngste Anteile der OMM — zusammen mit der gesamten OSM-Folge — durch Erosion und Denudation entfernt worden sein.

Auf Blatt 7329 Höchstädt a. d. Donau soll die Meeresmolasse nach Winkler (1966, 18, geol. K.) in flächenhafter Verbreitung bis in Höhen um 520 m NN reichen. In einigen entscheidenden Fällen konnte jedoch durch Bohrstock-Überprüfung gezeigt werden, daß hier Bunte Breccie, reich an aufgeschürftem OMM-Material, in ihren Verwitterungsbildungen mit OMM-Sedimenten verwechselt wurde (Gall 1974a, 66). Auch sind die OMM-Sande an der Goldbergalm WSW Lutzingen nach neuester Kenntnis nicht autochthon, sondern riesisch stark gestört (S. 198 f.). Dennoch können anstehende Meeresmolasse-Sedimente noch bis in eine Höhe von ca. 495 m NN nachgewiesen werden. Sie liegen damit um etwa 40 Höhenmeter über dem entsprechenden Kliffbereich 10 km weiter im Norden (konstruiert mit Höhe 455 m NN). Auch diese OMM-Sedimente reichten ursprünglich bis in noch größere Höhen, fielen jedoch während der oberhelvetischen und präriesischen Erosionsphase teilweise — die OSM-Sedimente sogar quantitativ — der Abtragung zum Opfer, bevor sie mit Riestrümmermassen überdeckt wurden (Winkler 1966, 51; Gall 1971, 69 f., 80 ff.; Gall 1974a, 88 ff.).

Gerade diese Überdeckung der noch erhaltenen jüngsten OMM-Sedimente mit Riestrümmermassen bewirkte ihre lokale Konservierung bis heute, so daß sie ausschließlich im Vorries erwartet werden dürfen; außerhalb des Verbreitungsgebietes geschlossener Ries-Schuttmassen sind sie quantitativ abgetragen. Analoge Verhält-

nisse sind aus dem E-Vorries bekannt, wo die Riestrümmermassen lokal mit nahezu ihrer vollständigen Primärmächtigkeit erhalten sind, weil sie durch die Sedimente der postriesischen Reliefplombierung vor Abtrag geschützt blieben.

Zwischen Unter- und Oberliezheim (Pos. Blatt 488 Bissingen) ist Meeresmolasse flächenhaft bis in Höhen um 510 m NN kartiert (SCHALK 1957). Auch hier ist zwar ein Teil der verzeichneten OMM-Sedimente in Wirklichkeit OMM-reiche Bunte Breccie, die die OMM überlagert, anstehend sind OMM-Sedimente jedoch bis in Höhen um 490—500 m NN nachgewiesen. Die Durchmischungszone von Riesschutt und Meeresmolasse belegt wiederum die vollständige Abtragung der OSM-Sedimente vor dem Riesereignis, der auch jüngste OMM-Ablagerungen — bereits im Oberhelvet reduziert — zum Opfer gefallen sein dürften. In bezug auf den nordwärts gelegenen Kliffpunkt Burgmagerbein (440 m NN; ANDRITZKY 1963) und konstruierte Strandbereiche westlich davon wird das Niveau der ehemaligen Kliffküste damit auch von den OMM-Vorkommen des S-Vorrieses um Höhenbeträge zwischen 50 und 60 m überschritten.

Am südwestlichen Ortsrand von Oppertshofen (Pos. Blatt 489 Ebermergen) reicht Meeresmolasse — über einer Denudationsfläche von Bunter Breccie überlagert (JAHNEL 1966, 48, Abb. 7) — bis in eine Höhe von ca. 415—420 m NN. Obwohl die OMM-Sedimente hier bis auf die Pfohsande abgetragen sind, erreichen sie annähernd das Niveau des ca. 5 km weiter im Norden gelegenen Kliffbezugspunktes (420 m NN). Die gesamte Folge der erosiv entfernten Schluffsande und -mergel muß demnach ursprünglich über dem Niveau der Klifflinie des II. OMM-Zyklus' abgelagert worden sein.

Das Auftreten von feinkörnigen Sedimenten der OMM — Schluffsanden und -mergeln — hoch über dem Niveau der Klifflinie ist so keine lokale Erscheinung, sondern kann über das gesamte südliche Vorries verfolgt werden. Betont sei, daß hier im Vorries, wo mit der Möglichkeit von riesisch aufgeschürften OMM-Schollen in allen Höhenlagen gerechnet werden muß, ausschließlich OMM-Vorkommen in gesichert autochthoner Lagerung berücksichtigt wurden. Davon sind wiederum nur die in unmittelbarer Kliffnähe gelegenen und dadurch in ihrer Höhenlage am sichersten vergleichbaren Vorkommen in Abb. 1 aufgenommen. Eine post-mittelhelvetische Heraushebung und Verkippung der Flächenalb an der Klifflinie um den Betrag der Höhendifferenz Kliff — hochgelegene OMM-Vorkommen kann durch das von GALL (1974b) über das gesamte südliche Vorries aufgezeigte gleichmäßige Eintauchen von Klifflinie und OMM-Transgressionsbasis in östliche Richtung ausgeschlossen werden. Die Lage von OMM-Sedimenten hoch über dem Niveau der Klifflinie muß demnach im Sedimentationsablauf der Oberen Meeresmolasse begründet liegen.

Die geschilderten geologischen Verhältnisse sind regionaler Art und können nur darin eine Erklärung finden, daß das Molassemeer auf der Schwäbisch-Fränkischen Alb vorübergehend über die Klifflinie hinaus nach Norden vorstieß. Die Klifflinie markiert damit n i c h t den äußersten Nordrand der mittelmiozänen Meerestransgression und ihrer Ablagerungen; sie repräsentiert vielmehr lediglich eine Stillstandsphase des Meeresvorstoßes auf der Alb, während der die Steilstufe von der durch Abrasion entstandenen Flächenalb zur Kuppenalb — begünstigt durch Kluftsysteme — an einer im wesentlichen durch Tektonik bestimmten Stelle ausgeformt wurde. Eine später nachfolgende rasche Absenkung des Albkörpers bei Ablagerung der feinerkörnigen OMM-Fazies muß die Erweiterung des Sedimentationsraumes der OMM über die Klifflinie hinaus nach Norden ermöglicht haben.

Flächenalb und südliche, relativ niedrig gelegene Areale der Kuppenalb wurden dabei mit zusätzlich mindestens 50—60 m mächtigen feinkörnigen OMM-Sedimenten überdeckt (vgl. Abb. 1). Zur Einebnung der kuppigen Alb kam es wohl deshalb nicht, weil die Transgression so schnell erfolgte, daß nicht mehr erodiert, sondern nur noch sedimentiert werden konnte.

Auch eine noch heute kenntliche äußerste Küstenlinie der OMM in der Kuppenalb wurde anscheinend nicht herausgearbeitet. Einerseits könnte dazu die Überschreitung der Klifflinie insgesamt nicht lange genug gewährt haben, andererseits — und dies erscheint gewichtiger — kam die Transgression des Molassemeeres anscheinend nicht auf längere Zeit auf einer äußersten Küstenlinie zum Stillstand; aber selbst wenn diese Voraussetzungen gegeben gewesen wären, müßte eine morphologisch deutliche Ausformung der äußersten Küste sehr erschwert gewesen sein, weil der sicherlich differenzierte Verlauf des Nordsaumes auf keinen Fall durch tektonische Zerrüttungszonen vorgezeichnet und damit der Abrasion leicht zugänglich sein konnte. Außerdem lag diese äußerste Küstenregion mindestens bis zur Überdeckung mit OSM frei, wodurch sie weitestgehend nivelliert und unkenntlich gemacht werden mußte.

Für die Klifflinie des II. OMM-Zyklus' ist nunmehr ein geradliniger Verlauf auch im Vorries gesichert (Gall 1974b). Das Meer des jüngsten Molassevorstoßes drang vornehmlich über niedrig gelegene Weißjura-Bereiche in die Senken und Wannen der durch den Wechsel von Massen- und Schichtfazies gegliederten Kuppenalb ein und erreichte erst mindestens 50—60 Höhenmeter über dem Niveau der Klifflinie seine äußerste Küste, so daß deren Verlauf nicht geradlinig erwartet werden kann. Vielmehr sollte sie als eine an das Relief der ertrunkenen Kuppenalb angepaßte, reich gebuchtete Senkungsküste ausgebildet gewesen sein. Dem Küstenbereich vorgelagert dürften Massenkalk-Komplexe als Inseln und Halbinseln aus dem Meer geragt haben. Je nach dem — vom geologischen Untergrund abhängigen — Relief eines Küstenabschnittes war dieser entweder als Steil- oder als Flachküste geformt.

Die Erweiterung des Sedimentationsraumes der OMM über die Klifflinie hinaus nach Norden muß unterschiedlich gewesen sein. Bei steilem Anstieg der Kuppenalb aus der Flächenalb war sie gering; bei Graisbach etwa darf ein Überschreiten der Klifflinie um max. nur ca. 1 km angenommen werden. Ein weiteres Vordringen des Molassemeeres auf die Alb ist jedoch in reliefschwächeren Gebieten zu erwarten; Beträge bis 17 km allerdings, wie sie Angaben von Koken (1900, 147) ableiten lassen könnten (vgl. auch S. 191), sind bislang nicht belegt.

Die die Flächenalb plombierenden und Teile der Kuppenalb zumindest in den Senken erfüllenden OMM-Sedimente des jüngsten Meeresvorstoßes wurden bereits wieder in der unmittelbar folgenden Erosionsphase zur Zeit der oberhelvetischen Ausformung der Graupensandrinne weitgehend abgetragen; auf der Kuppenalb dürften die feinkörnigen und lockeren Sedimente rasch nahezu quantitativ aus ihren relativ tief liegenden, wannen- und talartigen Ablagerungsräumen entfernt worden sein, verbliebene Reste fielen mit einiger Wahrscheinlichkeit später der präriesischen Abtragung zum Opfer. So ist es verständlich, daß bislang im Vorries keine OMM-Sedimente nördlich oberflächlich erschlossener und damit eng lokalisierter Bereiche der Klifflinie gefunden wurden.

2. Beobachtungen an der Klifflinie des II. OMM-Zyklus'

Nicht nur die autochthonen OMM-Vorkommen über dem Niveau der Klifflinie belegen einen zusätzlichen und jüngsten Meeresvorstoß der OMM; auch die bekannten Kliffpunkte auf der Schwäbischen Alb selbst geben Hinweise auf seine Existenz.

Im ehemaligen Küstenbereich des Molassemeeres (II. Zyklus) formte die Brandung in harten Weißjura-Massenkalkarealen eine Steilküste heraus, in weicheren mergeligen Schichten dagegen blieb die Küste relativ flach. Als spezifische Sedimente sind in Küstennähe Grobsande, oft mit zahlreichen angebohrten Geröllen, bekannt, die niemals größere Mächtigkeit erreichen, gegen das Kliff sogar auskeilen können (Hüttner 1961, 79).

Auf der Schwäbischen Alb ist zwischen Weidenstetten und Altheim die ehemalige Meeresküste nach Reiff (1958, 77) 30—50 m hoch. Mall (1968, 116 ff.) erwähnt Kliffhöhen zwischen 50 m und 70 m, Moos (1925, 198) zwischen 65 m und 80 m, Kiderlen (1931) und Roll (1935, 288) führen sogar Kliffhöhen von mindestens 80 m an. Auch im südlichen Vorries ließ sich bei Burgmagerbein das Kliff in von Bohrmuscheln angebohrten Weißjura-Kalken über mindestens 40 Höhenmeter — von ca. 440 m NN bis 480 m NN (Moos 1925, 197) — verfolgen (Abb. 1).

In der Regel sind die Kliffhöhen außer in der Morphologie auch in den Bohrmuschellöchern zu erkennen, die die steilen Weißjura-Flächen — hoch über Brandungsplattform und -hohlkehle — kennzeichnen. Bei diesen Bohrmuscheln dürfte es sich — nach den bisherigen Bestimmungen — im wesentlichen um die Gattung *Pholas* handeln, deren rezente Vertreter sich nach Jaeckel (1952) und Starmühlner (1969) ausschließlich unter dem Mittelwasserniveau der Gezeiten finden, im unteren Eulitoral und vor allem im Sublitoral. Aber auch andere Bohrmuschel-Genera sind auf die stets vom Meer bedeckte Felsfläche, das eigentliche Meergebiet, in dem jedes Trockenfallen biologisch zerstörend wirkt, beschränkt. An der fossilen Kliffküste der OMM dürften Bohrmuschellöcher demnach nur auf den weiter bekkenwärts und tiefer gelegenen Bereichen der Abrasionsplatte ausgebildet sein. Die Bohrmuschellöcher, die an der Klifflinie zu beobachten sind, liegen jedoch alle über der Mittelwasserlinie: Am Kliff von Heldenfingen etwa vom Flutbereich der Brandungsplatte bis etwa 6—7 m über der Hohlkehle (Reiff 1958, 78), am Kliffpunkt Burgmagerbein sogar bis mindestens 40 m über der — mit Ries-Trümmermassen plombierten — Schorre, ganz abgesehen von den steil aufragenden Weißjura-Felsen mit Bohrmuschellöchern über eine Erstreckung von $>$ 80 Höhenmetern an anderen Küstenpunkten. Die Bohrmuschellöcher an der Klifflinie des II. OMM-Zyklus' sind damit auf Grund der Biologie ihrer Erzeuger ein weiterer Beweis dafür, daß das mittelmiozäne Molassemeer weit über das Niveau des II. Zyklus' angestiegen ist. Es muß gefolgert werden, daß die Bohrmuschellöcher am Kliff des II. Zyklus' gar nicht von der Meerestransgression dieses Zyklus' stammen können; vielmehr müssen sie später, während des jüngsten, über die Klifflinie hinaus nach Norden reichenden Vorstoßes in die Kliffküste eingearbeitet worden sein.

Auch aus geologischen Gründen müssen die Bohrmuschellöcher an der Klifflinie einem jüngeren Zyklus entstammen. Während der Sedimentationsunterbrechung zwischen dem II. und dem jüngsten Zyklus der OMM (vgl. S. 196) muß der Kliffbereich nämlich trockengefallen sein, und bei jedem Klima wären dadurch in diesem längeren Zeitraum bereits vorhandene Bohrlöcher zerstört worden. Die Bohrmuschellöcher an der Klifflinie des II. Zyklus' wurden erst bei der Transgression der

jüngsten Meeresmolasse angelegt und gleich wieder mit Sedimenten plombiert, wodurch sie auch bis heute erhalten bleiben konnten.

Die an den Bohrmuschellöchern kenntlichen Kliffhöhen belegen einen weiteren, über die Klifflinie hinaus nach Norden reichenden Vorstoß des Molassemeeres. Sie weisen aber auch darauf hin, daß das Meer in Bereichen harter und damit steil aufragender Weißjura-Gesteine seine Brandungs- und Bohrmuschel-Zone um den Absenkungsbetrag der Alb über das Kliffniveau des II. Zyklus' hangaufwärts verlagerte ohne nennenswert weiter nach Norden vorzustoßen; nur in morphologisch tiefer liegenden Gebieten ist so mit einer beträchtlicheren Meerestransgression in die Kuppenalb hinein zu rechnen.

Auch die immer wieder beobachtete Sedimentverfüllung der flaschenförmigen Bohrlöcher von Pholaden an den Kliffpunkten des südlichen Vorrieses (Moos 1925, Schröder & Dehm 1950, Schalk 1957, Hüttner 1961), von Heldenfingen (Lutzeier 1922, Reiff 1958) und anderen Lokalitäten auf der Schwäbischen Alb ist ein nicht zu übersehendes Argument für die Absenkung und Plombierung der Klifflinie im Zuge des jüngsten Vorstoßes des OMM-Meeres. Von besonderem Interesse sind dabei die Verfüllungen mit sehr feinkörnigen Sedimenten, da sie eine Fazies darstellen, die den Strandbereichen ansonsten völlig fremd ist. Durch die über die Klifflinie hinaus nach Norden reichende OMM-Transgression muß die Küstenzone des II. Zyklus' unter Meeresbedeckung und — entsprechend der erhöhten Wassertiefe — in den Ablagerungsbereich feinerkörniger Sedimente gelangt sein; gleichzeitig wurden dabei auch die eben erst entstandenen Bohrmuschellöcher mit schluffsandigen Ablagerungen verfüllt.

In diesem Sinne erklärbar ist auch der Nachweis einer mit mehr als 4 m Mächtigkeit erhaltenen Serie von Feinsanden und Tonen der OMM über Basis-Geröllhorizonten unmittelbar an der Klifflinie bei Winterlingen auf der Schwäbischen Alb (Roll 1935, 299 ff.).

Im November 1970 erschloß ein Bauaushub unmittelbar südlich des Kliffs von Heldenfingen unter grüngrauen bis ziegelroten Tonmergeln der OSM (mit vielen Kalkknöllchen und einzelnen größeren Lepolithkalk-Brocken) eine Folge von graugrünen, z. T. plattig-schiefrigen und kalkig verfestigten Fein- bis Schluffsanden der OMM (ohne Glaukonit, aber reich an Foraminiferen; frdl. mdl. Mitt. Dr. D. Müller). Es ist unvorstellbar, daß diese feinkörnige OMM-Fazies in unmittelbarer Kliffnähe auf der Brandungsplatte während der Ausformung der Klifflinie, also während des II. Zyklus' sedimentiert worden wäre; sie muß vielmehr später, im Zuge der Überschreitung und Plombierung der Klifflinie durch die jüngste Meerestransgression, in tieferem und ruhigerem Wasser abgelagert worden sein.

Allein schon die Tatsache, daß sich im Kliffbereich an zahlreichen Stellen die scharfgratigen Pholaden- und Vioenbohrlöcher in den Weißjurakalken samt Sedimentfüllung sowie andere Brandungskleinformen — etwa Auskolkungsrinnen W Altheim (Mall 1968, 116) — unversehrt über die lange Zeit der Trockenlegung während der oberhelvetischen Erosionsphase auch bei dem damaligen subtropischen Klima bis zur Überdeckung mit OSM-Ablagerungen erhalten konnten, spricht für die völlige Plombierung der Klifflinie mit Sedimenten eines jüngsten Meeresvorstoßes. Wie rasch Verwitterungseinflüsse zerstörend tätig sein können, zeigt z. B. der Gletschergarten von Fischbach im Inntal, der bei den heutigen Klimaverhältnissen schon in den 15 Jahren seiner Freilegung an den Einzelformen von Eis- und Schmelzwassereinwirkung erhebliche Korrosionsschäden erlitten hat.

Eine durch den jüngsten Meeresvorstoß der OMM geschaffene morphologisch deutliche Küstenlinie in der Kuppenalb ist bislang nicht bekannt. Zwei im Abstand von 40 Höhenmeter übereinander liegende Verebnungsflächen mit Meeresmolasse-Sedimenten bei Möhringen und Aulfingen deutet Roll (1935, 289 ff.) als Küstenterrassen, in denen sich eine Heraushebung des Kliffbereichs zur OMM-Zeit widerspiegeln soll. Nicht ausgeschlossen werden kann m. E. jedoch, daß hier die durch Absenkung der Alb angelegte äußerste Küstenlinie des jüngsten OMM-Vorstoßes 40 m über der Klifflinie des II. Zyklus' erfaßt ist.

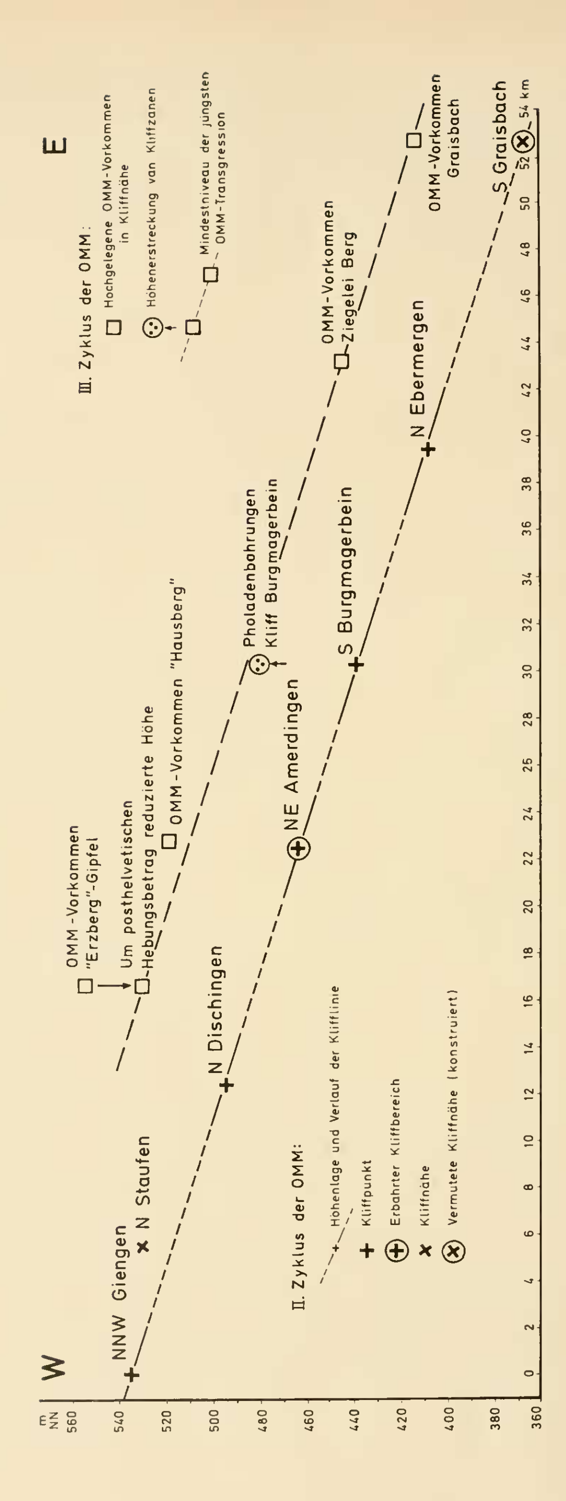
3. Zeugen der OMM nördlich der Klifflinie des II. Zyklus'

Den direkten Beweis für eine OMM-Transgression über die Klifflinie hinaus nach Norden liefern OMM-Ablagerungen und von Pholaden angebohrte Weißjurakalke nördlich der Kliffküste des II. Zyklus'. Derartige Relikte sind jedoch einerseits bisher nur selten bekannt geworden, zum anderen erachtete man sie in der früheren Literatur als nicht beweiskräftig oder als anthropogen verschleppt — nach dem bisherigen Kenntnisstand durchaus verständlich.

Im Raum Graisbach verläuft die Klifflinie südlich der Ortschaft zwischen Leitheim und Lechsend mit ESE-Streichen in einer zeichnerisch und rechnerisch ermittelten Höhe von 370 m NN (S. 182, Abb. 1; Gall 1974b). Sie wird von Riestrümmermassen überdeckt, die sich nach Norden an die zur Kuppenalb gehörenden autochthonen Weißjura-Komplexe anlagern. Das jüngst entdeckte Vorkommen von schluffigen Sanden der OMM am südwestlichen Ortsrand von Graisbach liegt im Bereich dieser Autochthon-Areale und damit nördlich der Klifflinie; auch aus der Höhenlage der OMM-Relikte von 415 m NN — 45 m über dem Kliff des II. Zyklus' — muß unter Berücksichtigung des Anstiegs der Kuppenalb aus der Flächenalb auf eine Lage nördlich der Steilküste des II. Zyklus' geschlossen werden.

Obwohl bisher aus dem Vorries keine weiteren eindeutigen Zeugen der OMM nördlich der Klifflinie bekannt sind, muß allein schon auf Grund des über das gesamte südliche Vorries belegten Überschreitens der Klifflinie um mindestens 50 Höhenmeter und in Anbetracht des wahrscheinlich relativ sanften, nur wenig gegen Norden ansteigenden Reliefs damit gerechnet werden, daß das mittelmiozäne Molassemeer zumindest lokal bis ins Gebiet des heutigen Ries-Kraters vordringen konnte.

Bereits Lutzeier (1922) und Reiff (1958, 82) hielten eine Absenkung der Kliffküste unter das Niveau des Molasse-Meeresspiegels für wahrscheinlich, so daß die OMM-Sedimente in der Klifflinie nicht ihre nördlichste Begrenzung gefunden hätten. Lutzeier (1922, 134) fand N Heldenfingen und N Altheim hoch über dem Kliff Zeugen der OMM; N Altheim waren nördlich und nahezu 50 m über dem Niveau der Klifflinie im anstehenden Weißjura-Epsilon Pholadenbohrlöcher, gefüllt mit marinem Feinsand, ausgebildet. Auch Funde von Austernschalen in dieser Position können — mit Vorbehalt — als Beleg herangezogen werden, obwohl sie Mall (1968, 116) für möglicherweise von Menschenhand zur Melioration angefahren hält. Die feinkörnigen OMM-Sedimente selbst sind wohl auf der an die Kliffoberkante nach Norden anschließenden Fläche quantitativ wieder durch Abtrag entfernt worden; mit einiger Wahrscheinlichkeit geschah dies im wesentlichen bereits während der Erosionsphase zwischen OMM und OSM. Der jüngste Meeresvorstoß der OMM dürfte somit auch im Raum Heldenfingen — Altheim die Klifflinie



W
E
m NN
560
540
520
500
480
460
440
420
400
380
360
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
25
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54 km
NNW Giengen
N Staufen
N Dischingen
NE Amerdingen
S Burgmagerbein
N Ebermergen
S Graisbach
OMM-Vorkommen
"Erzberg"-Gipfel
Um posthelvetischen
Hebungsbetrag reduzierte Höhe
OMM-Vorkommen "Hausberg"
Pholadenbohrungen
Kliff Burgmagerbein
OMM-Vorkommen
Ziegelei Berg
OMM-Vorkommen
Graisbach
III. Zyklus der OMM:
Hochgelegene OMM-Vorkommen in Kliffnähe
Höhenerstreckung von Kliffzonen
Mindestniveau der jüngsten OMM-Transgression
II. Zyklus der OMM:
Höhenlage und Verlauf der Klifflinie
Kliffpunkt
Erbohrter Kliffbereich
Kliffnähe
Vermutete Kliffnähe (konstruiert)

des II. Zyklus' um den Betrag von mindestens 50 Höhenmeter nach Norden überschritten haben.

Nach einer Mitteilung von KOKEN (1900, 147) sollen im Bereich der Sigmaringer Alb noch 17 km nördlich der Klifflinie marine Fossilien der OMM in Spaltenfüllungen gefunden worden sein; ihre Herkunft ist jedoch nach KIDERLEN (1931, 256 f.) ebenso wenig zweifelsfrei wie die der angeblich marinen Quarzsande mit „angebohrten" Jurageröllen von Bitz, Münsingen und anderen Lokalitäten. Ihre Lage nördlich der Klifflinie ließ sie als äolisch verfrachtete marine Küstensande deuten (WEIGER 1908, 243 ff.), wobei sich die Einwände gegen eine Anerkennung als normal sedimentierte OMM-Ablagerungen trotz der „angebohrten" Gerölle vor allem deshalb erhoben, weil es bis dahin nicht gelungen war, anstehendes Marin nördlich der Klifflinie festzustellen (KIDERLEN 1931). Wenngleich nicht alle Sandvorkommen bis in die Nähe des Albtraufs der jüngsten OMM-Transgression zugeschrieben werden können, so ist dies doch für einen Teil der dem Kliff näheren Materialien durchaus möglich. Jedenfalls läßt der Nachweis einer Transgression der OMM über die Klifflinie hinaus nach Norden diese älteren, oftmals angezweifelten Angaben und Funde wenigstens zum Teil glaubwürdiger erscheinen.

In das Korrelationsdiagramm der Abb. 1 sind die bedeutenderen hochgelegenen und sicher autochthonen Sedimentvorkommen der OMM des kliffnahen Raumes im südlichen Vorries, die Höhenspannweite der Pholadenbohrungen am Kliff Burgmagerbein sowie die nördlich und über der Klifflinie nachgewiesenen OMM-Sande von Graisbach aufgenommen. Es zeigt sich, daß alle diese Punkte annähernd durch eine Gerade verbunden werden können, die im Abstand von etwa 50 Höhenmetern parallel zur Verbindungslinie der Kliffpunkte verläuft. Darin spiegelt sich die Absenkung der Alb und die dadurch verursachte jüngste Transgression der OMM über die Klifflinie des II. Zyklus' hinaus nach Norden wider. Der parallele Verlauf der beiden Verbindungslinien dürfte tektonische Verstellungen größeren Ausmaßes in diesem Gebiet zwischen dem II. Zyklus und dem jüngsten Vorstoß der OMM ausschließen lassen.

4. Die Herkunft dislozierter OMM-Strandgerölle südlich der Klifflinie

Einen weiteren Hinweis auf eine äußerste Küstenlinie der OMM nördlich und über der Klifflinie des II. Zyklus' geben die zahlreichen von Bohrmuscheln angebohrten Strandgerölle, die sich im südlichen Vorries im Raum südlich der Klifflinie finden. Als autochthone Strandbereiche gedeutet, konstruierten damit u. a. SCHALK (1957), ANDRITZKY (1959, 1963), MALL (1959, 1968), SCHETELIG (1962), JAHNEL (1966), WINKLER (1966) und SCHMIDT-KALER & TREIBS (in HÜTTNER et al. 1970) eine reichgegliederte „Fjordküste" als Klifflinie des II. OMM-Zyklus'. GALL (1974a, b) konnte jedoch aufzeigen, daß diese Strandgerölle ausschließlich einzeln als Komponenten der Riestrümmermassen vorliegen, in ihrer Lagerung damit riesisch disloziert (allochthon) sind und so zu einer Rekonstruktion der Klifflinie nicht

---

Abb. 1: Kliffnahe Vorkommen von Schluffsanden der OMM, die im südlichen Vorries durchwegs etwa 50 Höhenmeter über dem Niveau der Klifflinie des II. OMM-Zyklus' liegen, belegen eine OMM-Transgression über die Klifflinie hinaus nach Norden in die Kuppenalb.

herangezogen werden dürfen. Diese verläuft — wie bereits von Moos (1925) vermutet — auch im südlichen Vorries weitgehend geradlinig etwa auf der direkten Verbindungslinie der Kliffpunkte Giengen — Dischingen — Amerdingen (Bohrung) — Burgmagerbein — Ebermergen — Graisbach (Abb. 1; vgl. auch Gall 1974b, Abb. 1).

Bei dem derzeitigen Wissensstand kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß die pholadenangebohrten Strandgerölle in Riestrümmermassen des südlichen Vorrieses wenigstens teilweise auch direkt aus dem Gebiet des Nördlinger Rieses ausgesprengt wurden.

Die Lagerungs- und Faziesverhältnisse in einer Fremdscholle aus zertrümmertem Weißjura-Massenkalk 1,5 km SE Unterfinningen, in der von Winkler (1966, 48 ff., Abb. 6) Pholadenbohrungen in großen Massenkalkblöcken sowie -geröllen exakt der gleichen Gesteinsausbildung wie der der Großscholle beobachtet wurden, könnten so eine zwanglose Erklärung finden.

Für die Mehrzahl der Strandgerölle ist es jedoch viel wahrscheinlicher, daß sie von den Ries-Auswurfsmassen an der ehemaligen Meeresküste der OMM im Vorries aufgeschürft, südwärts transportiert und dabei hochgestaucht wurden. Dafür spricht, daß bislang keine angebohrten Strandgerölle nördlich der Klifflinie beobachtet bzw. ausdrücklich beschrieben sind. Als Herkunftsgebiet der dislozierten Strandgerölle galt bisher der vom Fundort etwa in Richtung zum Rieszentrum gelegene Bereich der Klifflinie des II. OMM-Zyklus' (Hüttner 1969; Gall 1971, 1974a, b); auch die Transportweiten und Beträge der Hochstauchung wurden darauf bezogen. Die Dislozierungsweiten der Gerölle von der Klifflinie nach Süden mit max. etwa 10 km (vgl. Gall 1974b) sind bei dieser Bezugslinie durchaus erklärbar, denn die Entfernung von der Klifflinie zu den äußersten Riesschutt-Vorkommen im S-Vorries beträgt mindestens 12 km.

Besondere Schwierigkeiten bereitet jedoch einerseits die Häufigkeit der Geröllfunde, andererseits die dann zu fordernde starke Anhebung der Strandgerölle über ihr ursprüngliches Lagerungsniveau um max. ca. 100 Höhenmeter. Bei einer Ableitung der Strandgerölle von der Klifflinie muß ihre Häufigkeit völlig unverständlich bleiben, denn das Kliff war zur Zeit des Ries-Impakts durch die Sedimente des jüngsten Meeresvorstoßes und der OSM — trotz der bis dahin weit fortgeschrittenen Abtragung — immer noch weitgehend plombiert; zudem lagen die Strandgerölle an der Klifflinie geschützt im Bewegungsschatten der über die Kuppenalb anbrandenden Trümmermassen, deren zuerst im Vorries eintreffenden Anteile unter Umständen zwar einzelne Strandgerölle aufnehmen konnten, deren nachfolgende Massen jedoch den Kliffbereich bereits umgepflügt und abgedeckt vorgefunden haben dürften. Die Vielzahl der angebohrten Gerölle wird verständlich, wenn man sie von der weiter im Norden und höher gelegenen Senkungsküste des jüngsten Meeresvorstoßes bezieht. Deren grobe Basis- und Brandungssedimente dürften auf der Kuppenalb höchstens unter einer durch Erosion reduzierten und zergliederten OSM-Decke, wenn nicht gar großflächig frei gelegen sein, so daß sie von den riesauswärts gleitenden Trümmermassen gerade aus ihren senkenförmigen Ablagerungsräumen wieder problemlos ausgeräumt werden konnten. Es wäre nicht verwunderlich, wenn sich dadurch die Strandsedimente und -gerölle der äußersten Küste nahezu quantitativ in den Riesschuttmassen finden würden, was auch einerseits die Häufigkeit solcher Gesteine im S-Vorries, andererseits aber zudem ihr anscheinendes Fehlen im Bereich der Kuppenalb erklären könnte.

Die jetzige Höhenlage der bisher bekannten dislozierten Strandgerölle — sie liegen alle topographisch höher als die unmittelbar nördlich ihrer Fundpunkte erschlossenen oder konstruierten Bezugspunkte auf der Klifflinie (GALL 1974b, Abb. 2) — erklärt sich vor allem aus der Beobachtung, daß im Bereich der Flächenalb keine großflächig anstehenden Riestrümmermassen unter dem Niveau der Klifflinie, sondern immer nur darüber anzutreffen sind. Daß sie aber in dem nach Süden gleitenden Trümmerstrom durch die Turbulenz des „Überschiebungsvorganges" allein und generell bis max. 100 Höhenmeter über das Niveau der Klifflinie angehoben worden sein sollen, erscheint wenig wahrscheinlich. Bezieht man die Gerölle jedoch von der mindestens 50 m höher gelegenen äußersten Meeresküste, so würden sich ihre Fundpunkte mit verständlichen Werten teils über, teils aber auch unter dem ursprünglichen Lagerungsniveau finden.

Das geologische Auftreten der zahlreichen dislozierten OMM-Strandgerölle im südlichen Vorries gibt so einen indirekten Hinweis auf eine nördlich und über der Klifflinie des II. Zyklus' ausgebildete weitere Küste des Molassemeeres.

Von wo ein einzelnes Strandgeröll nun stammt, aus dem Ries, von der äußersten Küste oder von der Klifflinie, kann nicht entschieden werden. Als Bezugslinie zur Abschätzung von Transportweiten und Hochstauchungsbeträgen kommt derzeit noch ausschließlich die Klifflinie in Frage, da allein deren geographischer und höhenmäßiger Verlauf bekannt ist.

5. Die Schichtenfolge des III. Zyklus' der OMM

Die Klifflinie stellt nicht die Nordgrenze des mittelmiozänen Molassemeeres und seiner Ablagerungen dar; ein jüngster Meeresvorstoß griff vielmehr weit über sie hinweg nach Norden in die Kuppenalb. Bereits die erwähnten Ausmaße dieser Transgression lassen erkennen, daß es sich hier nicht um ein gelegentliches und lokales „Überschwappen" des Molassemeeres über die Klifflinie handelt, sondern um ein durch großräumiges, epirogenes Absinken ausgelöstes und wahrscheinlich die gesamte Schwäbisch-Fränkische Alb betreffendes Überschreiten des in einer Stillstandsphase ausgeformten Kliffs. Die Sedimentabfolge der OMM im südlichen Vorries belegt sogar, daß diese jüngste Transgression einen eigenen, III. Zyklus der OMM repräsentiert.

Wesentliches Merkmal der Meeresmolasse im Molassebecken ist ihre zyklische Entwicklung (LEMCKE et al. 1953, VOLZ 1953). Die beiden bisher erkannten Zyklen — I. und II. Zyklus — beginnen jeweils mit grobkörnigen Basislagen und schließen oben mit Feinsedimenten ab. Die OMM-Ablagerungen am Albsüdrand sollten nach HÜTTNER (1961, 77 f.) eine ähnliche Abfolge wie der II. Zyklus im Beckeninneren zeigen und wurden daher folgendermaßen mit dem Normalprofil parallelisiert:

	Albsüdrand	Molassebecken
II. Zyklus	Schluffsande	Deckschichten
	Pfohsande	
	Basisschicht	Baltringer Horizont

Die Folge der bisher zum II. Zyklus gerechneten OMM-Sedimente zeigt jedoch an mehreren Lokalitäten des südlichen Vorrieses etwa im Mittelteil des Profils — im Grenzbereich der Pfohsande zu den Schluffsanden — eine ausgeprägte, vorübergehende und scharf abgesetzte Kornvergröberung in Form eines Schill-(Kalk-)sandstein-Horizonts. Dieser weicht in Litho- und Biofazies von den unmittelbar liegenden und hangenden Sandkomplexen deutlich ab, stimmt andererseits jedoch mit der Basisschicht faziell weitgehend überein, von der er allerdings auf Grund seiner etwas feinerkörnigen Ausbildung und spezifischen Fossilgesellschaft jederzeit — auch als Lesesteine — unterschieden werden kann. Durch diesen Schill-Kalksandstein-Horizont wird die bisher dem II. OMM-Zyklus zugerechnete Schichtenserie annähernd zweigeteilt; Basisschicht und Pfohsande sind nach wie vor als Sedimente des II. Zyklus' zu erachten, die Kornvergröberung leitet jedoch einen jüngsten und III. Zyklus der OMM ein, der zum Hangenden von den Schluffsanden abgeschlossen wird. Wie die beiden älteren Zyklen zeigt damit auch die jüngste OMM-Abfolge eine Verringerung der Korngröße nach oben vom gröberkörnigen basalen Schillhorizont zu den Schluffsanden und -mergeln im höheren Profilteil. Auf Grund dieser bezeichnenden Korngrößenänderung, die sich sowohl in den Profilen des Vorrieses als auch des Molassebeckens (S. 199 ff.) feststellen läßt, wie auch der großen, dem II. Zyklus durchaus gleichwertigen Sedimentmächtigkeit und Transgressionsweite über die Klifflinie hinaus nach Norden erscheint die Ausgliederung dieser Abfolge als eigener Zyklus gerechtfertigt.

Die neu gefaßten Zyklen der OMM am Albsüdrand:

III. Zyklus	Schluffsande Schill-(Kalk-)sandstein-Horizont	Hiatus
II. Zyklus	Pfohsande Basisschicht	

Die Sedimente des II. OMM-Zyklus' liegen in ihren Vorkommen des südlichen Vorrieses alle unter dem Niveau der Klifflinie, die zugleich den Nordrand ihres Ablagerungsraumes darstellt. Der Schill-(Kalk-)sandstein-Horizont befindet sich — je nach seiner Entfernung vom Kliff — entweder in oder wenig unter dem Niveau der Klifflinie; die Schluffsande und -mergel jedoch sind in ihren Hauptanteilen durchwegs über dem Kliffniveau erschlossen. Bezeichnenderweise liegen auch die bei Graisbach nördlich der Klifflinie entdeckten OMM-Sedimente als Schluffsande vor (S. 182). Während der Schillsandstein-Horizont die basale Transgressionsfazies des III. Zyklus' darstellt, sind die Schluffsande in tieferen Meeresbereichen im Zuge des durch Absenkung verursachten Meeresvorstoßes über die Klifflinie hinaus nach Norden bis zu einer äußeren Küste abgelagert worden.

Allein schon die im Gesamtprofil der sandigen OMM-Sedimente im Gebiet südlich der Klifflinie dem Hangenden zu belegte Korngrößenabnahme von mittel- bis feinkörnigen Pfohsanden im tieferen Abschnitt zu den darüber folgenden, deutlich feinerkörnigen Schluffsanden und -mergeln läßt sich eigentlich nur so interpretieren, daß das Ablagerungsbecken des Molassemeeres durch Absenkung des gesamten Raumes zur Zeit der Schluffsand-Sedimentation beträchtlich an Tiefe dazugewann, woraus zwangsläufig ein regionales Überschreiten der Klifflinie nach Norden resultiert.

Als jüngste und exponiert liegende OMM-Sedimente von zudem feinkörniger Ausbildung und geringer bzw. fehlender Verfestigung mußten die Ablagerungen des III. Zyklus' rasch und großflächig der Abtragung zum Opfer fallen, zumal unmittelbar nach ihrer Bildung — im Oberhelvet zwischen OMM und OSM — der Raum nördlich der Albsteinschwelle herausgehoben, trockengelegt und erst nach Ausräumung und anschließender Verfüllung der Graupensandrinne wieder in das Sedimentationsgebiet der Molasse — dieses Mal der OSM — einbezogen wurde. Es überrascht daher nicht, daß die Sedimente des III. OMM-Zyklus' weitgehend erodiert und nur noch an verhältnismäßig wenigen Lokalitäten mehr oder weniger vollständig faßbar sind. Bezeichnenderweise liegen die bisher bekannten Vorkommen alle im Vorries, wo sich die Auswurfsmassen aus dem Ries im höheren Torton als schützende „Schleierdecke" darüberbreiteten.

a) Die Basisbildungen des III. OMM-Zyklus' — basaler Schill-(Kalk-)sandstein-Horizont („Oberbechinger Horizont")

Die Sandgrube am Nordhang des „Kränzles-Berges" 1 km SW Oberbechingen (Blatt 7328 Wittislingen; 35 98 560, 53 88 860) erschließt ein zwischen 3 und 5 m hohes Profil in mittel- bis feinkörnigen OMM-Pfohsanden mit Schräg-, Mulden- und Vorsetzschüttungen sowie einzelnen gesimsartig auswitternden Kalksandsteinbänkchen (Gall 1969; 1971, 59). Das Liegende der hier mit max. 8 m Mächtigkeit erhaltenen Meeresmolasse bilden hangabwärts mutmaßliche Obere Zwischenkalke der Zementmergel auf Höhe 482 m NN.

Im Hauptteil der Grube werden die Pfohsande mit z. T. scharfer Grenze von pleistozän umgelagerter OMM mit eingemengtem verlehmtem Lößanteil und Relikten abgetragener höherer OMM-Schichten, die vornehmlich aus einem mittel- bis grobkörnigem, sehr fossilreichem Kalksandstein bestehen, überlagert (Mächtigkeit wenige dm bis max. 1,5 m). Im südwestlichen Teil der Hauptgrube greift eine scharf begrenzte Tasche etwa 1,5 m tief in die Pfohsande herab; erfüllt ist sie mit pleistozän umgelagerten Pfohsanden, die bis 30 cm lange kantengerundete Komponenten aus Schill-Kalksandstein, z. T. mit intrafaziellen Geröllchen, Schluffsandbrocken mit Schichtung, bis 3 cm große Tonmergel-Gerölle, Ostreen und vorwiegend an der Basis lagig angeordnete kreidig-weißliche Kalkkonkretionen sekundärer Entstehung führen. Zum Hangenden geht die Taschenfüllung in einen OMM-reichen Lehm über.

Von besonderem litho- und biofaziellem Interesse sind die Schill-Kalksandstein-Komponenten, deren Anstehendes Gall (1969, 120; 1971, 59) im nunmehr völlig verfüllten westlichsten Teil einer im Westen sich anschließenden alten Sandgrube in Gestalt einer 2 m lang erschlossenen, 30—40 cm mächtigen und mit 45° nach SSE einfallenden Platte aus schnecken- und muschelreichem Kalksandstein vorfand.

Fast schon ganz wieder verwachsen war im Juni 1974 ein Profil im östlichen Teil der alten Grube, das folgende, Pfohsande und jüngere Sedimente der OMM umfassende Abfolge erkennen ließ (Abb. 2):

5) 0,2—0,3 m pleistozän umgelagerte OMM mit verlehmtem Lößanteil
4) 0,8—1,5 m Wechselfolge von dünn geschichteten, grüngrauen, mergeligen Feinsanden und Schluffmergeln: Schluffsande
3) 0,6—0,8 m mittel- bis grobkörniger, hellocker-grüngrauer Sand: Pfohsande, umgelagert
2) 0,3—0,4 m mittel- bis grobkörniger, grünlich-grauer Schill-Kalksandstein, sehr fossilreich
1) Bis 0,2 m erschlossene, mittel- bis grobkörnige, ockergelbe Sande: Pfohsande.

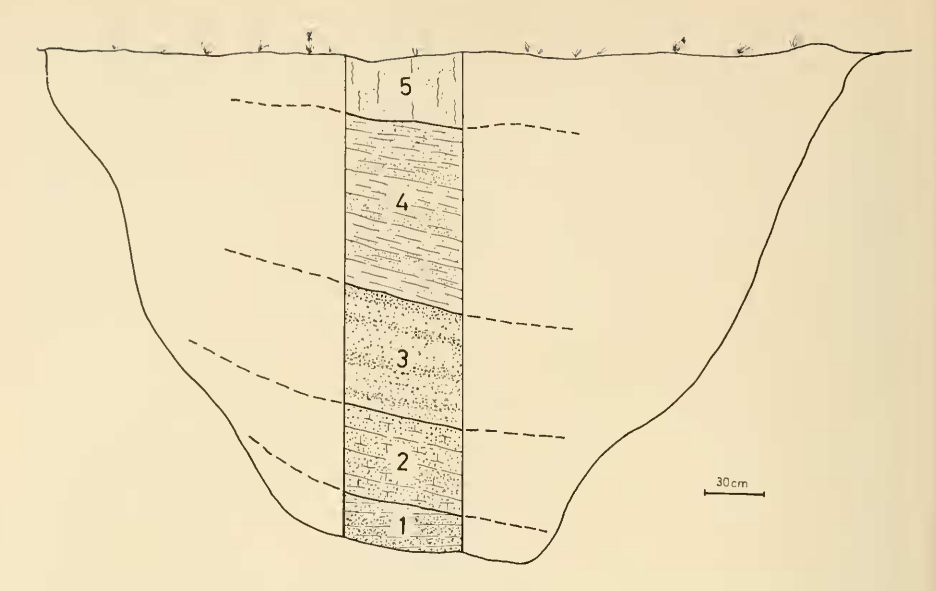


Abb. 2: In der Sandgrube 1 km SW Oberbechingen (Blatt 7328 Wittislingen; 35 98 560, 53 88 860) sind in Pfohsande des II. OMM-Zyklus' (1) unter Erosionsdiskordanz die Sedimente des III. Zyklus' (2—4) eingelagert. Schichtenbeschreibung siehe Text.

Der Schill-Kalksandstein besteht im wesentlichen aus umgelagertem Pfohsand-Material und Austern-Bruchschill; sekundär ist er stark mit Kalk infiltriert. Er führt reichlich Muschelschill, und zwar vorwiegend die Reste von Ostreen, Cardien und Cythereen; an Gastropoden wurden bisher vor allem Turritellen beobachtet. Von besonderer Bedeutung sind 3 auf dem Schill-Kalksandstein festsitzende *Balanus*-Kelche, die in der OMM bisher nur vom Seichtwasserbereich in unmittelbarer Küstennähe bekannt sind.

Während die Pfohsande der Schicht 1 (Abb. 2) horizontal geschichtet sind, fällt der mit deutlicher Diskordanz darüber folgende Schill-Kalksandstein-Horizont mit etwa 20° nach NW ein; die hangenden Schichten sind zunehmend flacher gelagert. Der Schill-Kalksandstein-Horizont läßt sich mit dem schon früher von Gall (1969, 1971) beschriebenen Teil zu einer etwa 10 m weit gespannten Mulde mit einem Reliefunterschied von mindestens 4 m verbinden. Er bildet die basale Schüttung in eine in die Pfohsande erodierte Mulde. Die Pfohsande müssen unmittelbar nach ihrer Ablagerung in einer Erosionsphase teilweise abgetragen und mit einem Relief überprägt worden sein. Damit liegt zwischen den Pfohsanden des II. OMM-Zyklus' und dem als Basis des III. Zyklus' aufgefaßten Schill-Kalksandstein-Horizont ein ausgeprägter Hiatus. Die Mulden des Reliefs wurden zu Beginn des III. Zyklus' zunächst mit umgelagertem Pfohsand-Material und zusammengeschwemmten Molluskenschalen erfüllt: Bildung des „Oberbechinger Horizontes" als Basis des III. Zyklus'. *Balanus*-Funde weisen dabei auf küstenartig seichte Ablagerungsbedingungen hin. Nach Plombierung des Reliefs — zum Teil noch mit umgelagertem und resedimentiertem Pfohsand — wurden darüber flächenhaft die feinkörnigen

Schluffsande des III. Zyklus' der OMM sedimentiert. Sie sind jedoch an dieser Lokalität bereits weitestgehend abgetragen. Die Höhenlage der Basisbildungen des III. Zyklus' beträgt hier ca. 490 m NN; sie liegen damit — trotz ihrer Einlagerung in das Relief — nur etwa 5 m unter dem Niveau des immerhin 8 km weiter im Norden erschlossenen Kliffpunktes Dischingen.

Vorübergehende Kornvergröberungen mitten in der feinkörnigen Sedimentfolge der OMM werden aus dem südlichen Vorries mehrfach in der Literatur erwähnt.

Nach einer Beobachtung HÜTTNER's (1961, 75) finden sich in die Schluffmergel des Dischinger Raumes scharf abgesetzte Bänkchen von teils lockerem, teils verfestigtem Mittel- bis Feinsand eingeschaltet. Manche dieser Bänkchen führen reichlich Muschelschill (vorwiegend Reste von Cythereen und Ostreen), auch Turritellen kommen vor. Balanen wurden nicht beobachtet, aber einzelne, z. T. sogar angebohrte kleinere Gerölle fanden sich. Besonders wird betont, daß sich diese Schillsandsteine auf Grund der charakteristischen Fossilgesellschaft und der feinerkörnigen Ausbildung jederzeit von denen der Basisschicht (des II. Zyklus') unterscheiden lassen. Diese Fazies mit Geröllchen und Makrofossilreichtum tritt völlig unvermittelt auf und hat weder in den liegenden noch in den hangenden Feinsedimenten irgendwelche Parallelen. Lithologisch und faunistisch stimmt sie weitestgehend mit der des „Oberbechinger Horizontes" überein. Gegen eine Parallelisierung der Schillsandsteine des Dischinger Raumes mit dem Basishorizont des III. Zyklus' spricht zunächst noch, daß HÜTTNER (1958, 1961) mehrere, von einander getrennte und ± durchgehende Grobhorizonte im Profil der Schluffsand-Serie vermutete; dabei bleibt zu berücksichtigen, daß von ihm das OMM-Profil wegen der sehr ungünstigen Aufschlußverhältnisse aus zahlreichen Einzelbeobachtungen kombiniert werden mußte. Neuere Gebietsbegehungen im Dischinger Raum zeigten jedoch, daß die Schillsandstein-Bänkchen nur deshalb in mehreren stratigraphischen Niveaus und innerhalb der Schluffsande aufzutreten scheinen, weil sie als Basisbildungen in ein unregelmäßig starkes Relief der Pfohsande eingelagert sind. Tatsächlich sind sie mit dem „Oberbechinger Horizont" altersgleich und leiten wie dieser als Basalfazies die Sedimentation des III. OMM-Zyklus' nach einer Erosionsphase ein. Die Höhenlage der Schillsandsteine am Michelsberg SW Dischingen — 1 km S Klifflinie — entspricht mit etwa 495 m NN dem Kliffniveau.

Gleichfalls im Raum Dischingen unterschied O. FRAAS (1869) in einem heute nicht mehr erschlossenen Bereich des Michelsberges ein „unteres und ein oberes Marines". Über 7 m Meeressanden („unteres Marines") lagerten ca. 90 cm mächtige Landschneckenkalke, darüber ein dünnes Kohlenbänkchen, „bei ganz ungestörter Lagerung" gefolgt von ca. 70 cm „fetten" (= tonigen) „Austernsanden" („oberes Marines"); den Abschluß des Profils bildeten Bunte Trümmermassen aus dem Ries. Die liegenden Sande sind mit HÜTTNER (1961, 76) auf Grund der Mächtigkeitsangaben Basissande und Pfohsande. Eine direkte stratigraphische Überlagerung der Pfohsande durch Landschneckenkalke konnten weder HÜTTNER (1958, 1961) noch GALL (1971) bei ihren Spezialkartierungen des Dischinger Raumes beobachten. Es kann trotzdem nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß die von O. FRAAS beobachtete Schichtenfolge tatsächlich primär und ungestört ist; auf Grund ihrer Fazies und stratigraphischen Position über den Pfohsanden könnten die Landschneckenkalke und das Kohlenflözchen durchaus während der Sedimentationsunterbrechung zwischen II. und III. Zyklus der OMM als lokale Bildungen entstanden

sein. Die „fetten Austernsande", in der beschriebenen Fazies mit der Basisschicht des II. Zyklus' nicht vergleichbar, würden dann — wofür auch das stratigraphische Niveau spräche — mit dem „Oberbechinger Horizont" korrelierbar sein. Allerdings müssen zu einer definitiven Entscheidung erst einmal derartige Sedimentabfolgen in nicht gestörten Gebieten gefunden werden; aus dem Raum Dischingen sind nämlich oberflächennahe Lagerungsstörungen der Molasseschichten infolge des Aufpralls und Überschiebens der Riesschuttmassen bekannt geworden, so daß die Lagerungsverhältnisse, nur scheinbar ungestört, auch durch riesische Aufschürfung und Vermengung von OMM-Material und OSM-Schichten entstanden sein könnten. Aber auch dann belegten die „fetten Austernsande" die Ausbildung einer dem „Oberbechinger Horizont" ähnlichen Schicht, die aus geologischen und faziellen Gründen — tonige Austernsande sind aus der Pfohsand-Serie unbekannt — nur der höheren OMM entstammen könnte.

Zu einer Zweiteilung der Meeresmolasse im Raum Dischingen mit Zwischenschaltung von Süßwasserkalken kam auch VON KNEBEL (1903), doch ist sein Profil in der Mühlbergschlucht mit HÜTTNER (1961) sicherlich durch die Rieskatastrophe gestört.

Aus dem Gebiet W Reistingen erwähnt GALL (1971, 59) dünne Bänkchen aus schnecken- und muschelschillführendem Mittelsand und hält sie für Einschaltungen in schlecht erschlossenen Schluffsanden. Wie am Michelsberg bei Dischingen zeigen sie weitestgehende fazielle Übereinstimmung mit dem „Oberbechinger Horizont". Auch hier dürften sie als Basisbildungen des III. OMM-Zyklus' in einem ungleichmäßig ausgeprägten Relief der Pfohsande liegen.

Nicht auszuschließen ist, daß die gelegentlich im S- und SE-Vorries — etwa von SCHALK (1957) — ausgeschiedenen fossilreichen Grobsand-Horizonte der OMM, die trotz ihrer anomal hohen Lage bei der von den Bearbeitern angenommenen autochthonen tektonischen Stellung als Basisschichten des II. Zyklus' gedeutet wurden, in Wirklichkeit den Basishorizont des III. Zyklus' darstellen.

b) Die hangenden Feinsedimente des III. OMM-Zyklus' — Schluffsande und Schluffmergel

Nach der Sedimentationsunterbrechung zwischen II. und III. OMM-Zyklus und der sich anschließenden Bildung des basalen Schill-(Kalk-)sandstein-Horizontes wurden die Rinnen in der II. Abfolge zunächst noch mit aufgearbeiteten und resedimentierten Pfohsanden verfüllt, bis die feinkörnigen Sedimente des III. Zyklus' das Relief schließlich plombierten und flächenhaft darüber hinweggriffen (vgl. auch S. 196 f.).

Die hangenden Feinsedimente des III. OMM-Zyklus' sind die bekannten und von HÜTTNER (1958, 1961), SCHETELIG (1962) und GALL (1969, 1971) aus dem südlichen Vorries näher beschriebenen Schluffsande und -mergel: Gut geschichtet, hellgelblich-grünlich, kalkhaltig, glimmer- und chloritreich, Glaukonitgehalt makroskopisch kaum mehr nachzuweisen; zum Hangenden Korngröße ständig abnehmend und hoher Tongehalt noch zunehmend; mit verarmter, kleinwüchsiger Mikrofauna eines stark verbrackten Meeres (GALL 1974 b). Ausschließlich diese Schluffsand-Fazies tritt in den autochthonen OMM-Vorkommen auf, die über dem Niveau oder nördlich der Klifflinie liegen (vgl. S. 181 ff.).

Eine unerklärliche Ausnahme schienen zunächst die ca. 40 m über Kliffniveau liegenden OMM-Sedimente in der Sandgrube nahe der Goldbergalm WSW Lutzingen zu machen, die zuletzt von WINKLER (1966) als autochthone Pfohsande beschrieben wurden. Eine auf die Klärung der tektonischen Stellung dieser Pfohsande abzielende Untersuchung der Grube er-

gab den Nachweis einer latenten Steilstellung der feingeschichteten Sande (100—110°/60—70° S) sowie einer lokalen Vermengung mit Bunter Breccie und damit der vermuteten ortsfremden Lagerung durch riesische Aufschürfung. Auf Grund der großen Höhenlage kann m. E. eine Verbindung der Pfohsande mit dem autochthonen Molasse-Untergrund — parautochthone Verstellung — ausgeschlossen werden.

Die Schluffsande bis Schluffmergel schließen die Sedimentation des III. Zyklus' und damit der gesamten Meeresmolasse nach oben hin ab. Vor allem durch die ihrer Ablagerung unmittelbar folgende Abtragung während der oberhelvetischen Freilegung zwischen OMM und OSM (u. a. Gall 1971, 69 ff.) wurden sie bereits wieder stark reduziert oder nahezu völlig entfernt. Da sie in ihren Relikten später mit OSM und Rieströmmermassen — dadurch gelegentlich auch riesisch gestört — überdeckt wurden, konnten sie sich zwar lokal bis heute erhalten, sind dadurch jedoch aber auch nur schwer faßbar.

C. Beziehungen zum Molassebecken

Die engen Beziehungen der OMM-Ablagerungen am Albsüdrand mit denen im Molassebecken lassen erwarten, daß sich eine Meerestransgression auf der Alb mit weitem Überschreiten der Klifflinie nach Norden im Zuge eines jüngsten, III. Zyklus' auch in den Sedimentprofilen des Beckeninneren widerspiegelt.

Nach der lithofaziellen Parallelisierung von Hüttner (1961) — vgl. auch S. 193 — sollte die Sedimentfolge der OMM im Bereich des Vorrieses den Ablagerungen des II. Zyklus' im Molassebecken entsprechen. Der „Oberbechinger Horizont" als Basis eines III. Zyklus' liegt nun auf der Alb zwischen Pfohsanden und Schluffsanden, was im Beckeninneren einem stratigraphischen Niveau innerhalb der Feinsandserie (Lemcke et al. 1953; = Deckschichten Kiderlen's 1931) gleichkommen würde. In der Schichtenfolge der Feinsandserie müßten sich demnach gleichermaßen ± scharf abgesetzte, vorübergehende Faziesänderungen in Form von Kornvergröberungen und Makrofossilanhäufungen finden, die letztlich eine Absenkung des nördlichen Vorlandes und den damit verbundenen Meeresvorstoß nach Norden — wie bei den beiden älteren OMM-Abfolgen — anzeigen würden.

Es ist anzunehmen, daß eine solche Senkung des Albkörpers unter gleichzeitiger Hebung im Beckeninneren — ähnlich wie bei der Entstehung des Baltringer Horizontes zu Beginn des II. Zyklus' (Volz 1953, 207 f.) — verlief, die zwar das Molassebecken flacher werden aber trotzdem weiter nach Norden vorgreifen ließ. Die grobkörnigen Basislagen des III. Zyklus' am Albsüdrand und die zu erwartenden Grobsandlagen im Beckeninneren würden demnach dem gleichen tektonischen Ereignis ihre Entstehung verdanken und wären somit annähernd altersgleich.

In der Tat sind nun von Lemcke et al. (1953, 24 ff.) innerhalb der Feinsandserie des Beckeninneren — einer Folge von Fein- und Staubsanden mit gelegentlichen Einschaltungen von Sandmergeln — in den Profilen von Erdölbohrungen die erwarteten Kornvergröberungen beschrieben worden; dabei handelt es sich um vorübergehende gröberkörnige Sedimenthorizonte mit reicher Fossilführung. In der Bohrung Aichach CF 1004 erscheint 24 m über dem Baltringer Horizont eine 1,2 m mächtige Feinsandschicht mit Schalentrümmern und etwa 6 m über ihr eine 0,2 m mächtige Kornvergröberung, ebenfalls mit Schalenresten. Auch in Hohenzell CF 1001 liegt 43 m über dem Baltringer Horizont eine 8 cm mächtige Sandmergelbank

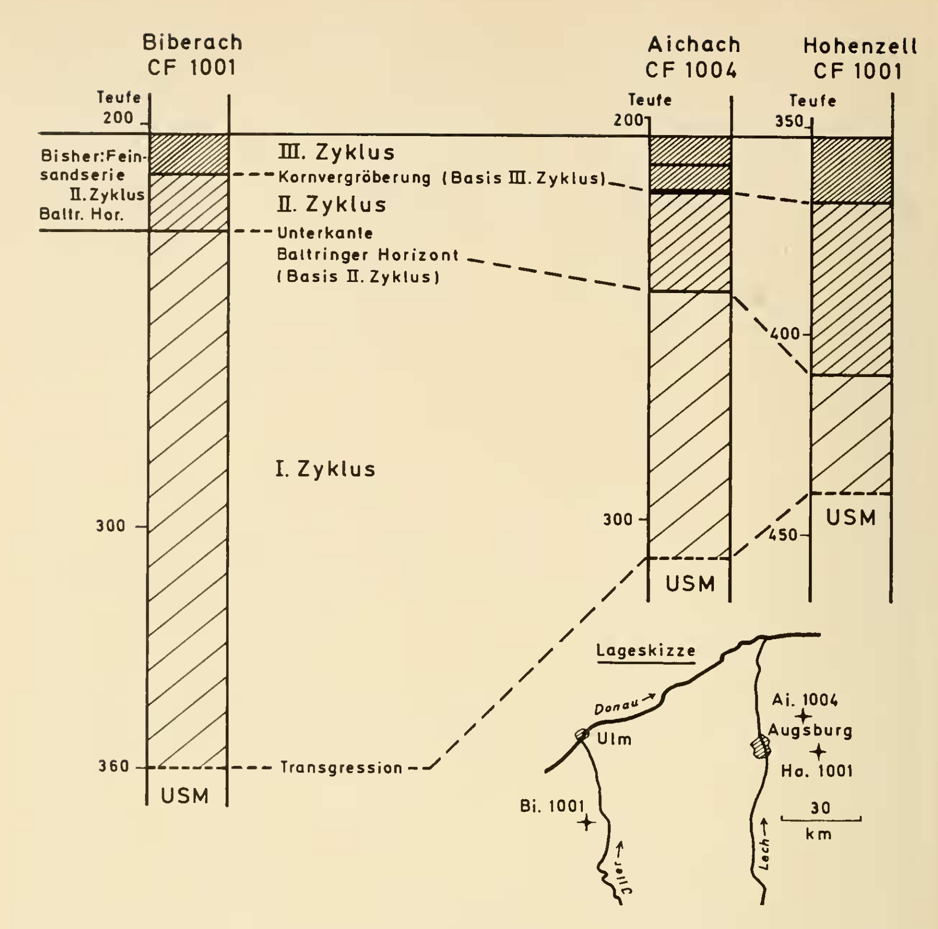


Abb. 3: Vereinfachte OMM-Profile von CF-Bohrungen im Molassebecken (nach LEMCKE et al. 1953), in denen Kornvergröberungen mit reicher Makrofossilführung innerhalb der bisherigen Feinsandserie des II. OMM-Zyklus' den Basishorizont des III. Zyklus' repräsentieren.

mit Schalentrümmern und in Biberach CF 1001 findet sich 13,7 m über dem Baltringer Horizont eine 10 cm mächtige Staubsandbank mit spärlichen Fossilresten (LEMCKE et al. 1953, 24; Abb. 3). Im übrigen — so wird ausdrücklich betont — ist die Schichtenfolge gleichmäßig feinkörnig und frei von Makrofossilien. Kornvergröberungen mit Schalenfragmenten mitten in der Feinsandserie sind damit bisher über einen größeren Raum der westlichen Vorlandsmolasse bekannt. In seinem inneren Aufbau zeigt dieser Grobhorizont weitgehende Übereinstimmung mit der Basisschicht des II. Zyklus', dem Baltringer Horizont (LEMCKE et al. 1953, 22 ff.): Wie dieser tritt auch die in einem höheren stratigraphischen Niveau gelegene Grobfazies als eine schlagartig einsetzende Kornvergröberung mit Schalentrümmern in Erscheinung — wenngleich in etwas abgeschwächter Form, und sie weist gleichfalls

starke Mächtigkeitsschwankungen auf, kann lokal auch fehlen. Gröberes Korn und Fossilreichtum fallen in der sonst feinkörnigen und an Makrofossilien freien Serie zusammen; die Grobfazies kann jedoch in den einzelnen Bohrprofilen in verschiedenen Niveaus auftreten, wie dies auch beim Baltringer Horizont bekannt ist. Eine gewisse Uneinheitlichkeit zeigt sich auch darin, daß sogar zwei (Aichach CF 1004) Maxima der Kornvergröberung und Fossilführung — wie beim Baltringer Horizont — auftreten können, so daß dann der gesamte Komplex als Ganzes betrachtet werden muß. Die Mächtigkeit schwankt damit zwischen 8 cm und maximal etwa 7,5 m, was etwa 50 % der Maximalmächtigkeit des Baltringer Horizontes entspricht. Im randnächsten Profil der Bohrung Aichach in Mächtigkeit und Fazies am ausgeprägtesten, scheint der Grobhorizont beckenwärts an Deutlichkeit zu verlieren. Ein wie beim Baltringer Horizont beobachtetes, rasches Schwächerwerden der faziellen Merkmale nach E läßt sich nicht erkennen, allerdings sind die Beobachtungsdaten für eine definitive Entscheidung dieser und auch anderer Fragen noch nicht ausreichend.

In den CF-Bohrungen Biberach und Aichach (Abb. 3) liegt die Kornvergröberung bzw. deren Unterkante nur wenig über der Mitte des Profils der Feinsandserie, in Hohenzell trennt sie ein oberstes Viertel dieser Serie ab. Es bleibt jedoch zu berücksichtigen, daß auch die OMM im nördlichen Teil des Beckeninneren nach der Regression des Molassemeeres durch Abtragungsvorgänge im Oberhelvet stark reliefiert und reduziert worden sein muß (Lemcke et al. 1953, Rutte 1955), so daß eine wesentlich größere Primärmächtigkeit der Sedimente über dem Grobhorizont anzunehmen ist.

Aus den Mächtigkeitsänderungen der jeweiligen Sedimentserien der einzelnen Zyklen in den Bohrungen des Beckeninneren scheint sich auch eine deutliche Verschiebung des Trogtieferen von Westen nach Osten zu ergeben.

Der in den CF-Bohrungen belegte Grobhorizont entspricht dem „Oberbechinger Horizont" am Albsüdrand und stellt damit die Basisbildung des III. OMM-Zyklus' im Beckeninneren dar. Aus den Bohrprofilen und aus deren Beschreibungen ergeben sich keine Hinweise, daß zwischen II. und III. Zyklus im Molassebecken eine Sedimentationsunterbrechung wirksam war wie auf der Alb; trotzdem könnte auch hier ein Hiatus deutlich ausgeprägt sein, der bei den punktuellen CF-Bohrungen aber noch nicht erfaßt werden konnte. Andererseits ist er nicht zwingend zu fordern, denn während der Albsüdrand eine Hebung bis an die Trockenlegung erfuhr, könnte das Beckeninnere nur eine längere Phase seichteren Wassers durchgemacht haben.

D. Die zyklische Entwicklung der OMM (Abb. 4)

Nach einer längeren Festlandsperiode löste eine regionale Absenkung — wahrscheinlich gegen Ende des Burdigals — im Molassebecken die Transgression des I. Zyklus' der OMM nach Norden bis zu einer „inneren Küstenlinie" (nach Roll 1935) aus. Dessen grobe Basisschichten sind dort sicherlich bereits helvetischen Alters — selbst in der weit im Molassebecken gelegenen Erdöl-Aufschlußbohrung Scherstetten 1 SW Augsburg wird der ganze I. Zyklus ins Helvet gestellt (Roll et al. 1955) — und gehen rasch in feinerkörnige Ablagerungen (Sandmergelserie) über, die als Sedimente des tieferen Wassers weitere Absenkung belegen (Lemcke et al.

1953). Am Ende des I. Zyklus' wurde im Molassebecken die negative Krustenbewegung durch eine positive ersetzt, die sich im unvermittelten Einsetzen der groben Seichtwasserfazies an der Basis des II. Zyklus' (Baltringer Horizont) widerspiegelt. Gleichzeitig wurde jedoch am Albsüdrand die etwa seit der Wende Aquitan/Burdigal währende Heraushebung, die die Sedimentation der Unteren Süßwassermolasse beendet hatte, von einer regionalen Absenkung abgelöst. Ihren groben Basissanden (Basisschicht) folgen rasch Feinsedimente (Pfohsande), die als Ablagerungen tieferen Wassers weitere Absenkung belegen. Zur gleichen Zeit stellte sich auch im Beckeninneren nach der positiven Krustenbewegung bei Bildung des Baltringer Horizontes wieder Absenkung ein, die zur Sedimentation einer feinkörnigen Abfolge (Feinsandserie, tieferer Teil unter dem Grobhorizont) führte. Der Sedimentationsraum dieses II. OMM-Zyklus' reichte auf der Alb nach Norden bis zur geradlinig verlaufenden Klifflinie.

Durch eine erneute regionale Heraushebung des Beckentieferen etwa im mittleren Helvet wurde noch nicht — wie bisher angenommen — die endgültige Regression des OMM-Meeres eingeleitet, sondern es bildeten sich als Seichtwasserfazies die bisher in 3 Bohrprofilen nachgewiesenen Grobsedimente, die die Basis des III. Zyklus' repräsentieren. Ob diese positive Krustenbewegung bis zu einer Abtragung und Reliefierung der Meeresmolasse im Beckeninneren führte, kann bei dem derzeitigen Wissensstand nicht entschieden werden. Gleichzeitig mit dieser Heraushebung des

Albsüdrand	Molassebecken (nördlicher Teil)	Zyklus	Küste	Bewegungstendenz (N – S)	Alter
					oberes Helvet
Schluffsande	Feinsandserie (höherer Teil)	III	äussere Senkungsküste		mittleres
Schillsandstein-Horizont	Grobhorizont (in CF-Bohrungen)				
Pfohsande	Feinsandserie (tieferer Teil)	II	Kliff-linie		und
Basisschicht	Baltringer Horizont		(LUTZEIER 1922)		unteres
	Sandmergelserie	I	innere Küstenlinie(?)		Helvet
	Basisschichten		(ROLL 1935)		
					Burdigal

Abb. 4: Die zyklische Entwicklung der Oberen Meeresmolasse am Südrand der Alb und im Molassebecken (Sedimentationsunterbrechungen schraffiert).

Beckens vollzog sich zunächst einmal auch eine Hebung seines nördlichen Randbereiches; dort wurde die Mächtigkeit der Pfohsande des II. Zyklus' in einer kräftigen Erosions- und Reliefbildungsphase durch Abtrag reduziert. Die dieser Sedimentationsunterbrechung folgende starke und rasche Absenkung des Molasse-Nordsaumes führte zunächst zur Bildung des Basishorizontes des III. OMM-Zyklus' („Oberbechinger Horizont") und zur teilweisen Plombierung des Reliefs mit umgelagerten Pfohsanden. Zum Hangenden folgen feinkörnige Sedimente (Schluffsande bis Schluffmergel), die eine Fortsetzung der Absenkungstendenz am Albsüdrand zum Ausdruck bringen. Aber auch im Beckeninneren stellte sich gleichzeitig wieder Absenkung und damit Sedimentation von Feinsanden (Feinsandserie, höherer Teil über dem Grobhorizont) ein. Dieser III. Zyklus der OMM erweiterte den bisherigen Ablagerungsraum beträchtlich nach Norden bis über die Klifflinie des II. Zyklus' hinaus in die Kuppenalb, wo eine äußere, reich gebuchtete Küste in der ertrunkenen Kuppenalb-Landschaft angenommen werden muß; diese dürfte mindestens 50 Höhenmeter über dem Niveau der Klifflinie und damit — abhängig vom Relief — entsprechend weit nördlich von ihr liegen.

Erst jetzt, etwa am Ende des Mittelhelvet, erfaßte eine erneute, besonders kräftige positive Krustenbewegung den gesamten Molasseraum und führte die endgültige Regression des Molassemeeres herbei. In dieser Phase der Heraushebung und Freilegung zwischen OMM und OSM wurde im heutigen Donauraum die Ausformung der oberhelvetischen Graupensandrinne vollzogen, im unmittelbar nördlich angrenzenden Raum fielen die unverfestigten OMM-Sedimente im Bereich der Flächenalb teilweise, im Bereich der Kuppenalb anscheinend sogar nahezu quantitativ der Abtragung zum Opfer. Auch im Beckeninneren lassen sich nach Kiderlen (1931), Lemcke et al. (1953) und Rutte (1955) oberhelvetische Verwitterungs- und Abtragungsvorgänge der OMM belegen, so daß deren Sedimentfolge im nördlichen Bereich ihres ursprünglichen Ablagerungsraumes auf keinen Fall in flächenhafter und vollständiger Erhaltung erwartet werden darf. Während sie im Vorries später durch Riesschutt konserviert werden konnten, scheinen sie auf der Schwäbischen Alb gänzlich abgetragen zu sein. Gerade dort aber — und im Inneren des Molassebeckens — wird man nun bestrebt sein müssen, weitere Belege für den jüngsten, III. Vorstoß des Molassemeeres zu finden.

Angeführte Schriften

Ammon, L. v.: Die Bahnaufschlüsse bei Fünfstetten am Ries und an anderen Punkten der Donauwörth-Treuchtlinger Linie. — Geogn. Jh., 16 (1903), 145—184, 16 Abb., München 1904.

Andritzky, G.: Geologische Untersuchungen im Ries auf Blatt Ebermergen. — Dipl.-Arb. Univ. München, 50 S., 5 Abb., 1 geol. Karte, München 1959 — [Mskr.].

Andritzky, G.: Zur Kenntnis der postjurassischen Deckschichten in der Umgebung des Nördlinger Rieses. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 3, 73—82, 3 Abb., München 1963.

Fesefeldt, K.: Schichtenfolge und Lagerung des oberen Weißjura zwischen Solnhofen und der Donau (Südliche Frankenalb). — Erlanger Geol. Abh., 46, 80 S., 30 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 1 geol. Spezialkarte, Erlangen 1962.

Fraas, O.: Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Giengen. 17 S., Stuttgart 1869.

Gall, H.: Geologische Untersuchungen im südwestlichen Vorries. Das Gebiet des Blattes Wittislingen. — Diss. Univ. München, 156 S., 17 Abb., 1 geol. Karte, München 1969 — [Mskr.].

Gall, H.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7328 Wittislingen. — 186 S., 17 Abb., 6 Tab., München 1971.

Gall, H.: Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des südöstlichen Vorrieses zwischen Höchstädt a. d. Donau und Donauwörth. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 145, 1, 58 bis 95, Stuttgart 1974 — [1974a].

Gall, H.: Neue Daten zum Verlauf der Klifflinie der Oberen Meeresmolasse (Helvet) im südlichen Vorries. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 14, 81—101, 2 Abb., München 1974 — [1974b].

Hüttner, R.: Geologische Untersuchungen im SW-Vorries auf Blatt Neresheim und Wittislingen. — Diss. Univ. Tübingen, 347 S., 74 Abb., 2 Tab., 10 Taf., Tübingen 1958 — [Mskr.].

Hüttner, R.: Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des östlichen Härtsfeldes (Schwäbische Alb). — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 4, 49—125, 5 Abb., 1 Taf., 2 Tab., Freiburg i. Br. 1961.

Hüttner, R.: Bunte Trümmermassen und Suevit. — Geologica Bavarica, 61, 142—200, 26 Abb., 2 Beil., München 1969.

Hüttner, R., H. Schmidt-Kaler & W. Treibs: Geologische Übersichtskarte des Rieses und seiner Umgebung 1:100 000. — Exkursionsführer zur Geologischen Übersichtskarte des Rieses 1:100 000, 68 S., 14 Abb., 1 Beil., 1 geol. Karte, München 1970.

Jaeckel, S.: Die Muscheln und Schnecken der deutschen Meeresküsten. — 67 S., 47 Abb., 7 Taf., Leipzig 1952.

Jahnel, Ch.: Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Gebiet des Nördlinger Rieses, SW-Teil des Positionsblattes 489 Ebermergen. — Dipl.-Arb. Univ. München, 56 S., 12 Abb., 1 geol. Karte, München 1966 — [Mskr.].

Kiderlen, H.: Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. — N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. 66, B, 215—384, 15 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1931.

Knebel, W. v.: Studien über die vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries. — Z. deutsch. geol. Ges., 55, 236—295, 8 Abb., Berlin 1903.

Koken, E.: Bemerkungen über das Tertiär der Alb. I. — Cbl. Mineral. etc., 1900, 145—152, Stuttgart 1900.

Lemcke, K., W. v. Engelhardt & H. Füchtbauer: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. — Beih. Geol. Jb., 11, 109 S., 31 Abb., 9 Taf., 72 Tab., Hannover 1953.

Lutzeier, H.: Beiträge zur Kenntnis der Meeresmolasse in der Ulmer Gegend. — N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. 46, 117—180, 3 Abb., Stuttgart 1922.

Mall, W.: Geologische Untersuchungen auf Blatt Giengen (Schwäbische Ostalb). — Dipl.-Arb. TH Stuttgart, 100 S., 20 Abb., 6 Taf., 1 geol. Karte, Stuttgart 1959 — [Mskr.].

Mall, W.: Die Geologie der Blätter Dettingen am Albuch und Giengen an der Brenz 1:25 000 (Schwäbische Alb). — Arb. Geol.-Paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F. 54, 210 S., 24 Abb., 5 Tab., 6 Taf., Stuttgart 1968.

Moos, A.: Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm a. D. und Donauwörth. — Geogn. Jh., 37 (1923/24), 167—252, 2 Taf., 1 Karte, München 1925.

Nathan, H.: Das Tertiär im südlichen bayerischen Vorries. In: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000, 42—45, München 1955.

Reiff, W.: Beiträge zur Geologie des Albuchs und der Heidenheimer Alb (Württemberg). — Arb. Geol.-Paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F. 17, 143 S., 10 Abb., 1 Beil., Stuttgart 1958.

Roll, A.: Beobachtungen längs der Küste des burdigalen Meeres auf der Schwäbischen Alb. — Z. deutsch. geol. Ges., 87, 281—307, 8 Abb., Berlin 1935.

Roll, A. und Mitarbeiter: Die Erdölaufschlußbohrung Scherstetten 1 südwestlich Augsburg. — Geologica Bavarica, **24**, 176 S., 33 Abb., 3 Taf., München 1955.

Rutte, E.: Der Albstein in der miozänen Molasse Südwestdeutschlands. — Z. deutsch. geol. Ges., **105** (1953), 360—383, 3 Abb., 1 Taf., Hannover 1955.

Schalk, K.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Bissingen. — Geologica Bavarica, **31**, 107 S., 80 Abb., 3 Taf., 1 geol. Karte, München 1957.

Schetelig, K.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet der Blätter Donauwörth und Genderkingen. — Geologica Bavarica, **47**, 98 S., 25 Abb., 1 geol. Karte, München 1962.

Schröder, J. & R. Dehm: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Harburg. — Abh. naturw. Ver. Schwaben, **5**, 147 S., 3 Abb., 5 Taf., 1 geol. Karte, Augsburg 1950.

Starmühlner, F.: Zur Molluskenfauna des Felslitorals bei Rovinj (Istrien). — Malacologia, **9** (1), 217—242, 8 Taf., Wien 1969.

Volz, E.: Geologische Untersuchungen in der tertiären Molasse des Saulgauer Gebietes. — N. Jb. Geol. Paläontol. Abh., **97**, 189—219, Stuttgart 1953.

Weiger, K.: Beiträge zur Kenntnis der Spaltenausfüllungen im weißen Jura auf der Tübinger, Uracher und Kirchheimer Alb. — Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg, **64**, 187—248, 1 Taf., 10 Fig., Stuttgart 1908.

Winkler, H.: Geologisch-paläontologische Untersuchungen im südlichen Vorries auf Blatt Höchstädt a. d. Donau. — Dipl.-Arb. Univ. München, 53 S., 8 Abb., 1 geol. Karte, München 1966 — [Mskr.].